



Определение технических причин аварии башенного КРАНА КБ-405-1А

Сергей ШУЛЬГА,
ведущий эксперт отдела промышленной безопасности АО ИТЦ «ДЭБ»
Игорь ЧЕРКАШИН,
начальник лаборатории ООО «Энерготеплохим»
Вадим ПЛОТНИКОВ,
начальник отдела технической диагностики ООО «Фирма «ОПЫТ»
Мария РОДИОНОВА,
ведущий эксперт отдела промышленной безопасности АО ИТЦ «ДЭБ»
Константин ГУСИНСКИЙ,
технический директор ООО «Велес»

Целью данной статьи является определение технических причин аварии, произошедшей при эксплуатации башенного крана КБ-405-1А.

Ключевые слова: техническое устройство, техническое диагностирование, авария, кран.

Работы по определению причин аварии башенного крана проводятся на основании следующих документов:

- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ [1];
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 года № 538 [2];
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 года № 533 [3].

Башенный кран КБ-405-1А передвижной, полноповоротный, с наклонной стрелой, изготовлен в 1989 году.

Кран имеет следующие основные характеристики:

- группа классификации (режима) по ИСО 4301/1 – А4;
- температура эксплуатации – от плюс 40 °С до минус 40 °С;

- высота подъема максимальная – 63,4 м;
 - вылет максимальный – 25 м;
 - грузоподъемность: максимальная – 9 т; при максимальном вылете – 6,3 т;
 - база – 6,0 м;
 - колея – 6,0 м;
- Обстоятельства аварии.

Авария произошла в период между 10 ч. 20 мин. и 10 ч. 40 мин. По описанию очевидцев, стропальщик получил от монтажника команду на подачу на строительный горизонт (третий этаж третьей секции здания) плиту перекрытия П-208А. Для выполнения этой команды кран был установлен напротив подъезда секции 2 и после застропки приподнял плиту на 200...300 мм, далее стал поднимать ее, уменьшая вылет. Затем кран стал передвигаться в сторону секции 3 дома и поворачиваться в сторону здания против часовой стрелки. Непосредственно перед аварией кран располагался у края рельсовых путей, близких к соседнему крану КБ-515. Стрела располагалась под углом примерно 45° к зданию. Кран с поднятой на 3,5 м над уровнем перекрытия 3-го этажа плитой П208А, по просьбе монтажников, готовящих место под установку плиты, находился в неподвижном состоянии. Затем, через 2–3 минуты после прекращения работы, стал увеличиваться вылет стрелы, далее кран стал поворачиваться

и, по словам очевидцев, раскачиваться, после чего плита легла на перекрытие 3-го этажа, а башня стала отклоняться в сторону, противоположную строящемуся зданию, и вся часть крана, находящаяся над порталом, перегнувшись через него, упала на землю. Сверху на башню упала стрела.

Состояние крана и его узлов на месте аварии было рассмотрено экспертной группой. При осмотре установлено следующее.

Ходовая рама крана находится на путях. Рядом с путями находятся два демонтированных рельсовых ползумена длиной 6,25 м каждое. Ближние к стене строящегося здания ходовые тележки смещены под углом ~ 20° к оси рельсов и опираются на них рамами, а безударные тупиковые упоры смещены на 80 мм (ближний к зданию) и 300 мм за край рельсов. Ближний к зданию тупиковый упор при этом смещен в сторону от оси рельса. Дальний упор упирается стержнем для разжатия рельсового захвата в губки захвата, а примененный для крепления упора болт по высоте не позволяет сбрасывающему плужку подниматься вверх по наклонной поверхности упора. Шкворни всех тележек закреплены во флюгерах в транспортном положении. На тележке № 3 (отсчет здесь и далее от кранового вводного рубильника по часовой стрелке) отсутствует шестерня привода, а сбрасывающий плужок по своей конструкции предназначен для эксплуатации тупиков ударного типа. Возле тележки номер 4 лежит копия отключения концевого выключателя КУ-704 ограничения передвижения крана. Следы установки (приварки) копира на путях отсутствуют. Датчик передвижения (пути) крана прибора ОНК-160 на тележке не установлен. Рельсовый полуавтоматический захват на тележке № 4 отсутствует. На тележке № 4 также отсутствует привод. Поворотная платформа развернута приблизительно на 40° к оси, перпендикулярной крановым путям, противовесом от здания. Две верхние плиты противовесов смещены. Башня крана после па-



дения расположена по отношению к путям так же, как поворотная платформа, опираясь оголовком на складированные плиты, а верхней (кабинной) секцией – на дорожные плиты, остальные секции башни наклонены под углом $\sim 30^\circ$. Оголовок и башня имеют многочисленные деформации элементов. Стрела крана лежит на секциях башни и имеет многочисленные деформации поясов и раскосов. Распорка, предохраняющая кабину от соприкосновения со стрелой при ее опускании, отсутствует. Все пояса нижней секции башни имеют деформацию в районе верхних балок портала. Правый передний пояс имеет сквозную трещину, протяженностью примерно $2/3$ длины окружности трубы, в районе приварки монтажного упора к поясу. Пять раскосов на разных гранях нижней секции башни оторваны по местам приварки к поясам. Часть монтажных опорных роликов верхней балки портала находятся в монтажном положении (не отведены при помощи эксцентриков от башни), остальные смещены (при ударе), а фиксирующие их положение болты отсутствуют, один ролик оторван и находится на площадке секции. Монтажные замки находятся в отведенном состоянии, правый передний замок тросиком на портале не закреплен. Крюковая подвеска с надетым на крюк и застропленным за плиту четырехветвевым стропом лежит на перемещаемой перед аварийной плитой П-208А, которая, в свою очередь, расположена на краю перекрытия второй секции здания, свешиваясь на $1/3$ длины с края третьего этажа. Масса плиты, согласно маркировке, – 7,1 т. Прибор ОНК-160 не опломбирован, один винт на панели отсутствует.

При осмотре места аварии экспертной группой были проведены измерения координат мест расположения крана, его узлов, упавшей плиты, проема под плиту на перекрытии 3-й секции здания относительно крановых путей, а также количества витков канатов на барабанах лебедок после аварии. Полученные результаты были сопоставлены с данными, приведенными на схеме места аварии. Установлено, что указанные на схеме данные соответствуют фактическим значениям. При этом проверить место расположения на путях и вылет крана при подъеме плиты П-208А «с земли» не представлялось возможным, так как на момент осмотра аналогичные плиты на складе отсутствовали, и нельзя было установить места их размещения.

На основании наличия на барабанах стреловой лебедки 16 витков каната также установлено, что на момент аварии

(прекращения работы механизма изменения вылета) вылет стрелы составлял приблизительно 25,5 м.

Из анализа результатов исследований следует, что на момент аварии кран КБ-405-1А осуществлял перемещение груза массой 6,69 т на максимальном вылете 25 м. Вес плиты превышал номинальное значение для максимального вылета (после реконструкции) не более чем на 7%. Такая перегрузка не могла привести к поломке башни при условии соблюдения установленных требований к эксплуатации крана. По данным расчета напряжение в поясе башни, вычисленным с учетом дополнительного изгиба, возникающего за счет опирания башни на ролики, составляет 176,1 МПа. По результатам исследования, предел текучести материала труб равен 261 МПа. Данные толщинометрии и результаты исследования образцов деформированных элементов свидетельствуют о том, что примененный при изготовлении секции башни сортament труб полностью соответствует конструкторской документации. Значения ударной вязкости металла труб соответствуют установленным требованиям, материал разрушался пластично, а хрупкая трещина возникла в одном из поясов во время падения башни из-за перегрузки в месте наличия концентратора напряжений, обусловленного приваркой монтажного упора. Соответственно состояние материала и сварки не могло стать причиной аварии, и для разрушения башни на кран должны были действовать существенные динамические нагрузки.

Из обобщения показаний очевидцев и показаний регистратора параметров прибора ОНК-160 при анализе причин аварии была рассмотрена следующая схема работы крана в момент, предшествовавший аварии.

В 9 ч. 23 мин. 55 сек. регистратор параметров зафиксировал значительное увеличение нагрузок. За пять секунд до этого на кране, выполнявшем три движения (изменение вылета, подъем и поворот на пониженной скорости), был отключен подъем. Для этих условий регистратор не должен был показать увеличение нагрузок. Их наличие может быть объяснено только тем, что кран в этот момент, находясь у края пути, передвигался и наехал на тупиковые упоры.

Наезд, в связи с отсутствием копира отключения концевого выключателя передвижения, происходил на полной скорости. Тупиковые упоры были закреплены на путях с нарушением установленных требований в результате чего при движении крана один упор был сдвинут, второй

также был сдвинут при наезде на него колеса на высоту не менее 25 мм.

Во время наезда колеса на упор, по данным расчета, возникли нагрузки, превышающие предел текучести металла поясов башни, в результате чего в конструкции нижней секции башни могли образоваться деформации, изменившие сечение поясов.

Через пять секунд после этого крановщик выключил механизм изменения вылета и продолжил поворот крана на пониженной скорости. Таким образом, наезд на упор не повлиял на работу крановщика, что свидетельствует об отсутствии значительных изменений в работе крана на этот момент.

В 9 ч. 24 мин. 13 сек., после поворота крана еще на 40° , зарегистрирован следующий «всплеск» нагрузок, который существенно превышал первый. В момент изменения центра тяжести при повороте значительно уменьшились нагрузки на тележку, наехавшую на тупиковый упор, произошел поворот упора относительно оси рельса и сдвиг тележки. Возникшие при этом динамические нагрузки привели в дальнейшем к изгибу поясов башни в местах опирания, которые ранее были деформированы.

Приведенная выше схема соответствует наиболее вероятным условиям работы крана и основывается на фактических данных, полученных при расследовании.

Рассмотрение материалов по аварии башенного крана КБ-405-1А, изучение обстоятельств аварии и состояния конструкции крана на месте аварии, исследование физико-механических свойств металла нижней секции башни в местах повреждений поясов, анализ условий работы крана и нагруженности башни позволяют сделать следующие выводы.

Авария крана КБ-405-1А произошла вследствие деформации башни в наиболее нагруженном месте с последующим ее падением. Причиной разрушения нижней секции башни явился наезд крана на тупиковые упоры при одновременном выполнении крановщиком трех-четырёх движений (что недопустимо по эксплуатационной документации крана, запрещающей одновременное совмещение более двух операций, однако такой прием управления использовался крановщиком неоднократно). При этом состояние крана и путевого оборудования создавало неблагоприятные условия нагружения крана, в частности:

- монтажные ролики на верхних балках портала не были выведены из монтажного положения, что приводит к их упиранию в башню, особенно при значи-



тельных динамических нагрузках;

- безударные тупиковые упоры были закреплены с нарушением установленных требований, в результате чего один упор при наезде крана был сдвинут, второй при наезде колеса был также сдвинут и затем, при повороте крана, повернулся относительно оси рельса;

- на путях не был установлен копир отключения концевого выключателя ограничения передвижения крана, в результате чего кран мог наехать на тупиковый упор с номинальной скоростью;

- примененный на одной из ходовых тележек сбрасывающий плужок (конструктивно предназначенный для работы с тупиками ударного типа) при наезде ходового колеса на тупиковый упор не поднялся вверх, а уперся в упор.

Аварии способствовало неудовлетворительное состояние приборов и устройств безопасности и упущения в организации работ крана, в том числе:

- из-за отсутствия полуавтоматического захвата на ходовой тележке, расположенной на том же рельсе, что и наехавшая на тупик, ходовая рама крана могла беспрепятственно подняться над этим рельсом;

- в нарушение требований Проекта производства работ крановые пути были укорочены на одно полузвено;

- работа крана осуществлялась без принудительного ограничения зоны действия крана, предусмотренной Проектом и связанного с близким расположением крана КВ-515;

- прибор ОНК-160 после проведения реконструкции крана не был перенастроен на новую грузовую характеристику, предусматривающую уменьшение максимальной грузоподъемности во всем диапазоне вылетов.

Литература

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 года № 538).

3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 года № 533).

Техническое диагностирование резервуара РЦВ 25/16 газификатора ГХК 25/1,6

Сергей ШУЛЬГА,

ведущий эксперт отдела промышленной безопасности АО ИТЦ «ДЭБ»

Игорь ЧЕРКАШИН,

начальник лаборатории ООО «Энерготеплохим»

Вадим ПЛОТНИКОВ,

начальник отдела технической диагностики ООО «Фирма «ОПЫТ»

Мария РОДИОНОВА,

ведущий эксперт отдела промышленной безопасности АО ИТЦ «ДЭБ»

Кирилл БАДАНОВ,

генеральный директор ООО «Велес»

Целью технического диагностирования резервуара является определение технического состояния технического устройства, срока и условий его дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: техническое устройство, техническое диагностирование, резервуар, газификатор.

Техническое диагностирование резервуара проводится в соответствии с требованиями следующих основных нормативных документов:

- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ [1];

- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 года № 538 [2];

- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на ко-

торых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утвержденные приказом Ростехнадзора от 25 марта 2014 года № 116 [3].

Резервуар типа РЦВ 25/16 является основной частью криогенной системы газификатора холодного криогенного ГХК 25/1,6. Система предназначена для приема и хранения с минимальными потерями и газификации жидкого кислорода.

Резервуар расположен на открытой бетонной площадке, опирается на четыре вертикальные стальные трубчатые стойки, концентрично расположенные в стойках кожуха. Внутренний сосуд – сварной – из листовой нержавеющей стали с системой трубопроводов для наполнения и опорожнения сосуда, а также подачи сжиженного продукта в испарители, подвода и отвода паров сжиженного газа. Сосуд снабжен предохранительными кла-